

**Radim ČAJKA<sup>1</sup>, Vojtěch BUCHTA<sup>2</sup>, Kamil BURKOVIČ<sup>3</sup>, Roman FOJTÍK<sup>4</sup>,**

**EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ ZÁKLADOVÉ DESKY NA PODLOŽÍ**

**EXPERIMENTAL MEASUREMENT OF GROUND BASE PLATE**

**Abstrakt**

Řešení úloh interakce mezi základovou deskou a podloží se rozvíjí již řadu let. Pro výstižnější stanovení napjatosti základových konstrukcí je zapotřebí stanovit, jaký vliv má tuhost resp. poddajnost podloží na vnitřní síly konstrukce a naopak, jak ovlivňuje tuhost základové konstrukce výsledné sedání. Na stavební fakultě bylo vyrobeno zkušební zařízení, na kterém je možné měřit a zkoumat tyto zákonitosti a následně provádět porovnání s numerickými modely.

**Klíčová slova**

Zkušební zařízení, podloží, základ, statická zatěžovací zkouška, numerický model.

**Abstract**

Analyses of interaction between the foundation slab and the subsoil has been developed for many years. For the determination of stress in foundation structure is needed to determine the influence of the stiffness respectively pliability of subsoil to structural internal forces, and vice versa, how the stiffness of the foundation structure affects the resulting subsidence. At the Faculty of Civil Engineering testing device was constructed so that the phenomena could be examined and then compared with numerical models.

**Keywords**

Test Equipment, Subsoil, Foundation, Static Load Test, Numerical Model.

**1 ÚVOD**

V roce 2010 bylo v areálu Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava vybudováno zkušební zařízení (stand), které je určeno pro provádění statické zatěžovací zkoušky v souladu s normou ČSN 73 6190 a také pro další experimenty zabývající se studiem napěťo-deformačních vztahů na rozmezí mezi základem a vyšetřovaným podložím.

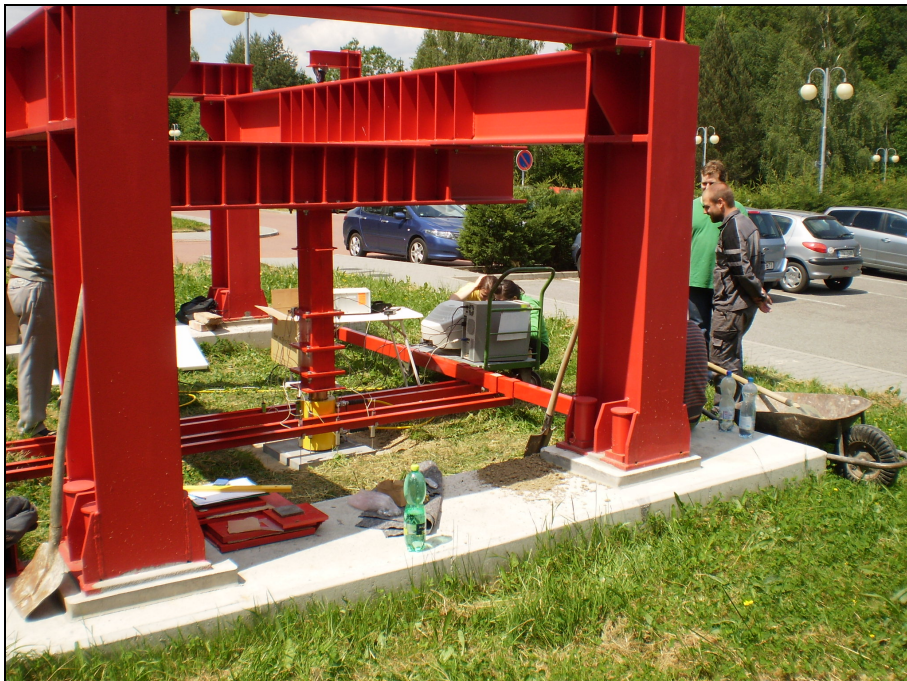
---

<sup>1</sup> Prof. Ing. Radim Čajka, CSc., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 344, e-mail: radim.cajka@vsb.cz.

<sup>2</sup> Ing. Vojtěch Buchta, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 925, e-mail: vojtech.buchta@vsb.cz.

<sup>3</sup> Ing. Kamil Burkovič, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 602 744 313, e-mail: info@arming.cz.

<sup>4</sup> Ing. Roman Fojtík, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 398, e-mail: roman.fojtik@vsb.cz.



Obr. 1: Celkový pohled na zkušební zařízení

V červnu 2012 bylo provedeno první experimentální měření, jehož cílem bylo především ověření funkčnosti zařízení a odhalení případných nedostatků. Z tohoto důvodu byla jako zkušební vzorek použita prefabrikovaná betonová dlaždice o rozměrech 500 x 500 x 48 mm. Při jejím svislém zatěžování se sledovaly a zaznamenávaly svislé posuny a deformace betonové desky, změna napětí na jejím povrchu a zatěžovací síla.

## 2 POPIS MĚŘENÍ

### 2.1 Popis konstrukce

Konstrukci zkušebního zařízení tvoří dva hlavní rámy, viz obr. 1. Na těchto rámech jsou zespodu umístěny příčníky, které je možno rektifikovat z důvodu variability umístění zatěžovacích lisů. Rám je ukotven pomocí kotevních šroubů s T-hlavou do ocelového roštu umístěného v základových železobetonových pásech. Celá konstrukce je ukotvena sestavou mikropilot o délce kořene 4 m. To umožňuje vyvolat svislé zatížení až 1MN. Podrobněji je toto zařízení popsáno v [1].

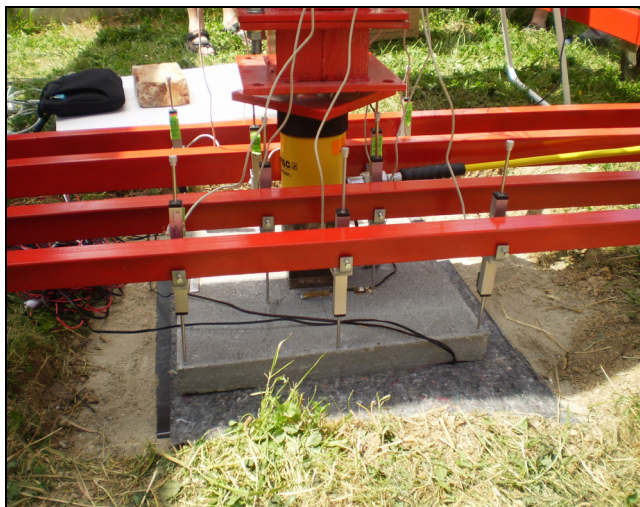
### 2.2 Popis měření

Jako zkušební vzorek použita prefabrikovaná betonová dlaždice o rozměrech 500 × 500 × 48 mm. Dle ES prohlášení o shodě (číslo 05 A/12), vykazuje stanovený výrobek „betonová dlažební deska pro venkovní použití o rozměrech 500x500x40/48 mm, dle ČSN EN 1339 tyto parametry:

Pevnost v ohybu > 4,0 MPa (třída 2, ozn.T),

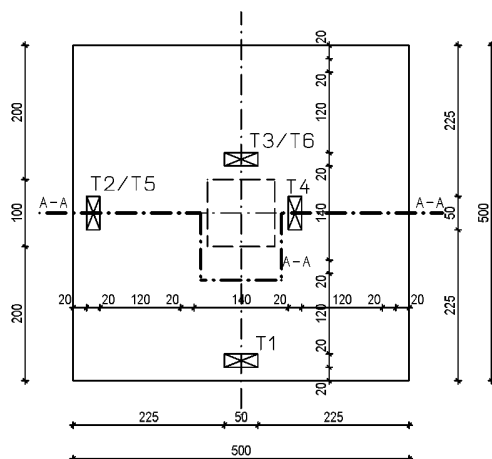
Lomové zatížení > 3,0 kN (třída 30, ozn.3).

Lze předpokládat, že výše uvedená pevnost v ohybu určená dle metodiky ČSN EN 1339 odpovídá zhruba 1/10 návrhové válcové pevnosti betonu v tlaku dle ČSN EN 206-1. Materiál dlaždice bude tedy odpovídat třídě C45/55 dle ČSN EN 206-1. Nutno konstatovat, že tato hodnota je pouze orientační, neboť dlaždice je vyrobena ze dvou vrstev betonu různých tříd (jádro + nášlapná vrstva).



Obr. 2: Snímání svislých posunů a deformací pomocí tenzometrů

Tato deska byla volně položena na zeminu zbavenou trávního porostu a ornice a centricky zatěžována na plochu 100 x 100 mm. Pod dlaždicí byla umístěna geotextilie a asfaltový pás, z důvodu ochrany měřicích tenzometrů. Vlastnosti zeminy odpovídaly dle směrných normových charakteristik ČSN 73 1001 kategoriím F2 až F4, přičemž deformační modul byl stanoven  $E_{DEF} = 2,65 \text{ MPa}$ , oedometrický modul pružnosti  $E = 4,27 \text{ MPa}$  a Poissonův součinitel  $\nu = 0,35$  (orientačně dle směrných normových charakteristik ČSN 73 1001). Svislé zatížení bylo vyvoláno pomocí hydraulického válce, který byl umístěn mezi dlaždicí a nástavcem zavěšeným na příčniku zkušebního zařízení (viz obr. 1 a obr. 2). Při postupném zatěžování bylo dosaženo zatěžovací síly 18,64 kN, při které došlo k porušení vzorku.[2]



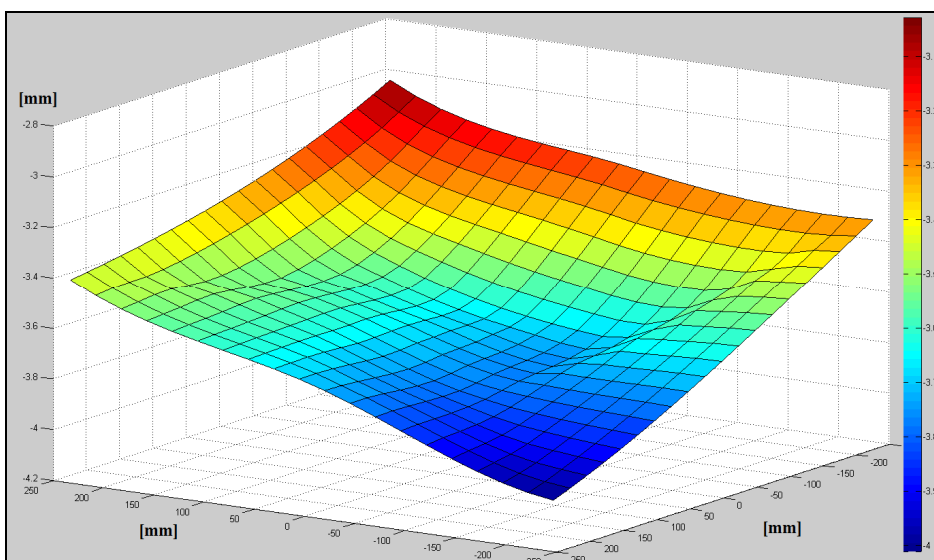
Obr. 3: Vybroušené části betonové desky určené pro nalepení tenzometrů a schéma jejich rozmístění

Během zatěžování vzorku byly sledovány celkové deformace a vertikální posuny betonové desky a to pomocí 10 potenciometrických čidel (viz obr. 2). Jelikož se jednalo o diskrétní hodnoty, byla provedena aproximace a vytvořena bikubická spline plocha znázorňující deformace celé betonové desky spojitě (obr. 4). Zároveň byla sledována a zaznamenávána změna napětí na vybraných místech na spodní i vrchní části dlaždice pomocí šestice (T1 – T6) tenzometrů 1-LY41-20/120 (viz obr. 5). Tenzometry T6 a T5 byly umístěny na vrchní straně desky, ostatní se nacházely na spodní straně (obr. 3).

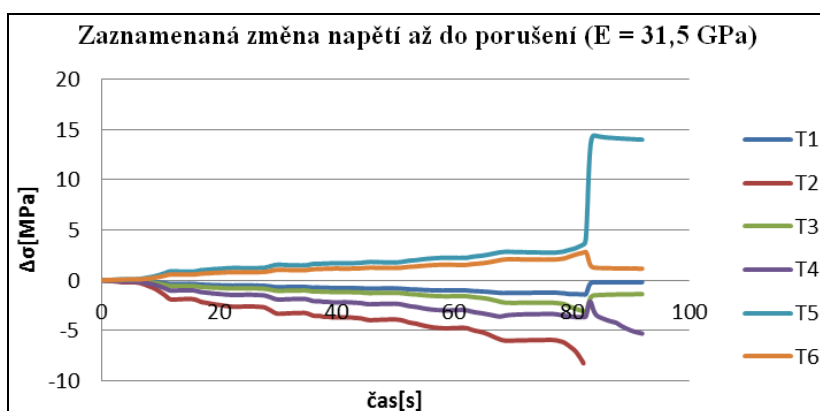
Betonová deska byla zatěžována postupně, přibližně rovnoměrnou rychlostí v rámci dostupné měřicí techniky a to až do porušení vzorku. Doba trvání zkoušky od začátku měření do prvního porušení byla 85s.

### 2.3 Výsledky měření

Zcela dle očekávání došlo poměrně k velkému svislému posunu – zatlačení desky do zeminy. Vzhledem k relativně malým plošným rozměrům zkušebního betonového vzorku a relativně velké nehomogenitě podloží bylo toto zatlačení nerovnoměrné a došlo k naklonění dlaždice. Vlastní deformace betonové desky jsou v porovnání s tímto posunem a nakloněním výrazně menší, avšak patrné (obr. 4).



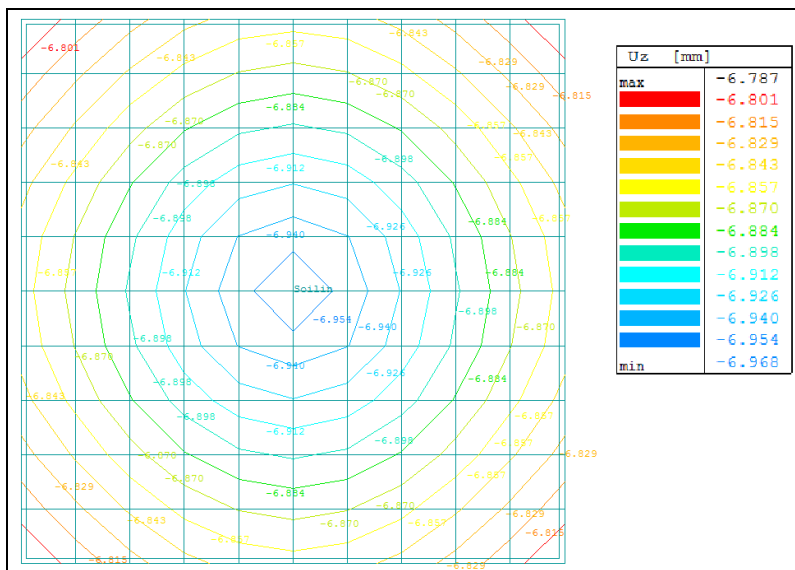
Obr. 4: Deformace desky před porušením aproximovaná bikubickou spline plochou



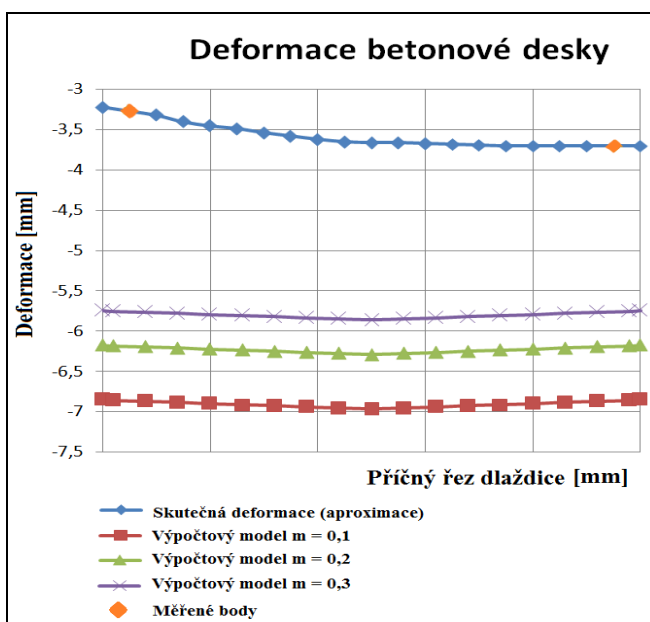
Obr. 5: Změna napětí měřená tenzometry od začátku měření až do porušení čidel

## 3 NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ

K numerickému modelování základových konstrukcí na podloží byl využit program NEXIS 32. Byl zvolen 2D model a výpočet byl proveden na pružném podloží pomocí modulu SOILIN a to pro součinitele strukturní pevnosti zemin  $m = 0,1$ ,  $m = 0,2$  a  $m = 0,3$  (obr. 6 a obr. 7). Byly zanedbány některé parametry konstrukce, jako například nehomogenita betonové desky a ochranná geotextilie. [3, 5, 6, 7, 8]



Obr. 6: Matematický model deformace desky v programu NEXIS 32 pro  $m = 0,1$



Obr. 7: Porovnání deformací v řezu betonové desky mezi výpočtovými a skutečnými hodnotami

## 4 ZÁVĚR

Cílem tohoto měření bylo především ověření funkčnosti zařízení a odhalení případných nedostatků. Nicméně výsledky měření byly vyhodnoceny a bylo provedeno porovnání s numerickými modely konstrukce. Výpočtové deformace jsou přitom výrazně vyšší, než naměřené hodnoty. Rozdíly mezi numerickými modely a skutečně naměřenými daty mohou být způsobeny zjednodušením těchto modelů (např. betonová dlaždice je ve skutečnosti vyrobena ze dvou druhů betonu – jádra a povrchové vrstvy, zanedbání ochranné geotextilie v MKP modelu). Významným faktorem jsou rovněž klimatické vlivy. Jelikož není zkušební zařízení nijak chráněno proti působení klimatických vlivů, může docházet ke značným rozdílům v měření v závislosti na počasí. Po dešti je zemina měkká



a dojde k většímu zaboření desky a naopak. To však numerické modely nezahrnují. Dalším důležitým faktorem je, že měření bylo zatím provedeno pouze jedenkrát, pro přesnější data by bylo potřeba většího statistického souboru.

V přípravě je proto další zkušební měření betonové dlaždice, protože použité zatěžovací zařízení při prvním experimentu nebylo schopné zajistit plynulou rychlost zatěžování ani nebylo schopno tuto rychlost zaznamenat. Výhledově je tedy uvažováno o zlepšení vybavení pro měření tak, aby bylo možné mít k dispozici i tyto údaje. Následně se přejde k dalším měřením základové desky v interakci s podložím, tentokrát s využitím monolitické desky výrazně větších rozměrů, aby se zkušební vzorek přiblížil rozměrům reálných základových konstrukcí užívaných v praxi. [4]

## PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek byl realizován za finanční podpory SGS grantu, interní číslo SP2012/92.

## LITERATURA

- [1] ČAJKA, R. & KŘIVÝ, V. & SEKANINA, D. Design and development of a testing device for experimental measurements of foundation slabs on the subsoil. In *Transactions of the VSB - Technical University of Ostrava, Construction Series*, Vol. XI, Issue 1, pp. 1-5 (5 p), DOI 10.2478/v10160-011-0002-2, Versita Warsaw, 2011. ISSN 1213-1962 (Print), 1804-4824 (Online).
- [2] PINKA, M. & STOLÁRIK, M. & FOJTÍK, R. & PETŘÍK, T. Experimental seismic measurement on the testing construction and analyze. In *Transactions of the VSB - Technical University of Ostrava, Construction Series*, Vol. XII, Issue 1, pp. 1-11 (11 p), DOI 10.2478/v10160-012-0006-6, Versita Warsaw, 2012. ISSN 1213-1962 (Print), 1804-4824 (Online).
- [3] ČAJKA, R. & MAŇÁSEK, P. Building structures in danger of flooding. *IABSE Conference on Role of Structural Engineers Towards Reduction of Poverty*, February 19-22, 2005, New Delhi, India, ISBN 978-3-85748-111-6, WOS:000245746100072
- [4] STARÁ, M. & ČAJKA, R. & MATEČKOVÁ, P. & JANULÍKOVÁ, M. Laboratory measurement of prestressed masonry. In *Transactions of the VSB - Technical University of Ostrava, Construction Series*, Vol. XII, Issue 1, pp. 1-6 (6 p), DOI 10.2478/v10160-012-0008-4, Versita Warsaw, 2012. ISSN 1213-1962 (Print), 1804-4824 (Online).
- [5] JANULÍKOVÁ, M. & MATEČKOVÁ, P. & STARÁ, M. Numerical modeling of foundation structures with sliding joints. In *The 9th fib International PhD Symposium in Civil Engineering*. Karlsruhe, Germany: Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 2012
- [6] SUCHARDA, O. & BROŽOVSKÝ, J. Vliv vybraných parametrů nelineární analýzy betonových konstrukcí. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, rok 2012, ročník XII, číslo 1, řada stavební, s. 151-158, ISSN 1213-1962
- [7] SUCHARDA, O. & BROŽOVSKÝ, J. Pružnoplastické modelování železobetonového nosníku: Implementace a srovnání s experimentem. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, rok 2011, ročník XI, číslo 1, řada stavební, s. 237-244, ISSN 1213-1962
- [8] SUCHARDA, O. & BROŽOVSKÝ, J. Modely betonářské výztuže pro konečněprvkovou analýzu konstrukcí. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, rok 2011, ročník XI, číslo 2, řada stavební, s. 249-258, ISSN 1213-1962

## Oponentní posudek vypracoval:

Prof. Ing. Jozef Hulla, DrSc., Katedra geotechniky, Stavební fakulta, STU v Bratislave.

Doc. Ing. Jan Masopust, CSc., Ústav geotechniky, Fakulta stavební, VUT v Brně.